

UAV 点群を用いた橋梁洗掘被害の定量的評価の試み Bridge Scouring Investigation and Estimation using UAV source Point Cloud Data

○党 紀・Thelma Ntinyari MUKUNGA・水野千里・松永昭吾・中島隆志

○Ji DANG, Thelma Ntinyari MUKUNGA, Chisato Mizuno, Shogo Matunaga, Takashi NAKAJIMA

The increasing frequency and intensity of heavy rainfall events caused by global climate change have levered the risk of infrastructure damage, including bridges, roads, and railways. Such damage often leads to significant socio-economic impacts, making rapid and informed decision-making during disaster response crucial. This study proposes a systematic approach for emergency surveys, leveraging UAV (Unmanned Aerial Vehicle) and SfM (Structure from Motion) technologies to generate 3D point clouds and enable quantitative assessment in a virtual space. The proposed method integrates on-site survey data with digital measurements, offering a practical solution for conducting emergency surveys, developing a 3D point cloud-based framework for virtual damage assessment, and validating the approach through a case study in the Nairobi region focusing on flood damage during the 2024 rainy season. This framework aims to enhance the accuracy and efficiency of disaster impact assessments and contribute to improved disaster resilience (144 words).

1. はじめに

近年、気候変動に起因する豪雨の頻度と規模の増加が世界的に顕著になっている。このような気象現象は、橋梁、道路、鉄道など社会基盤に深刻な被害をもたらし、経済的・社会的な影響との持続時間が拡大する傾向が見える。より頻度の高い洪水などの災害の際に、迅速かつ正確な災害影響評価が求められる中で、効率的な意思決定プロセスの確立が課題となっている。本研究では、災害発生直後の緊急調査において、UAV(無人航空機)と SfM(Structure from Motion)技術を活用することにより、被害の 3D 点群データを得て、仮想空間上での定量的な評価を可能にする手法を提案する。提案手法により、現地調査で得られるデータとデジタル測定技術を統合し、従来の手法よりも迅速かつ高精度な被害評価を実現することを目指している。また、本研究では 2024 年にケニアで発生した洪水災害を対象とした事例研究を行い、提案手法の有効性を検証した。

2. 提案手法

本研究では、災害時における被害評価を効率的かつ正確に行うために、以下の方法を提案する。災害後の橋梁調査における従来手法(上)と提案手法(下)を図1に示して比較する。

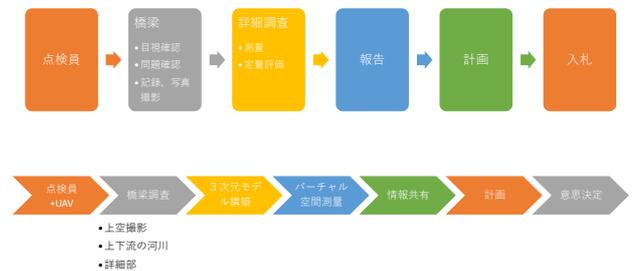


図1 従来手法(上)と提案手法(下)

従来手法は点検員による目視確認を中心に行われ、橋梁の問題確認や記録、写真撮影を経て詳細調査が行われる。詳細調査では、測量や定量的な評価を基に被害状況が報告され、最終的に復旧計画と入札が進行する。これに対し、提案手法では最新の UAV (無人航空機) 技術と 3D モデル構築技術を活用し、調査を効率化している。まず、UAV を用いて迅速に橋梁全体のデータを収集し、それを基に 3 次元モデルを構築する。このモデルは、バーチャル空間での定量的な測量や被害評価に利用される。さらに、この情報を即時に共有し、計画立案や意思決定に反映する仕組みを確立している。提案手法の主な利点は以下の通りである：

(1) UAV による広範囲かつ高精度なデータ収集が可能であり、従来手法に比べて調査速度が大幅に向上する。

- (2) 仮想空間でのデータ活用により、損傷箇所の定量的かつ客観的な評価が可能となる。
- (3) 情報共有の迅速化により、計画立案と意思決定のプロセスが効率化される。

3. 実橋梁における検証

本研究では、ケニア国内の2つの橋梁、Sabaki Bridge (A橋) と Thwake Bridge (B橋) を調査対象として選定し、UAV および SfM 技術を活用した調査を実施した。Sabaki Bridge は、1997年に日本の援助でケニアのモンバサ地域に建設された橋梁である。2023年の調査では、橋脚周辺に洗掘の兆候は見られなかった。しかし、2024年に発生した大規模な洪水により、橋脚周辺が深刻に洗掘され、橋台付近の盛り土も大きく浸食される被害が確認された。この状況を正確に評価するため、UAV を用いて橋梁全体の航空撮影を実施し、SfM 技術を用いて3次元ポイントクラウドデータを生成した。このデータに基づき、洪水による被害範囲を定量的に把握するとともに、被害箇所を可視化して復旧計画に反映させた。

一方、Thwake Bridge は、ナイロビ東部のマチャコス地区に位置する橋梁で、その建設年代は不明である。2021年時点で既に洗掘や浸食が進行しており、その際にも UAV を使用して橋梁の3次元点群データを記録している。



図-2 A橋の被害状況



図-3 B橋の2021年の被害状況(上)と現状(下)

2024年には修復工事が完了した直後に洪水が発生したが、橋梁自体は概ね無事であった。その

後も UAV を活用した調査を行い、新たな3次元点群データを取得し、SfM 技術により最新の3Dモデルを構築した。

4. バーチャル測定の結果

A橋では、洪水後に UAV による上空撮影を実施し、取得した映像データから3次元モデルを構築した。この3次元モデルを基にオルソマップを作成し、過去の衛星写真(2023年3月15日撮影)と比較を行った。その結果、浸食された面積を定量的に計算することができた。これにより、洪水による橋脚および周辺環境への影響を具体的に把握した。

一方、B橋では、2021年および2024年に取得された前後の3次元モデルと点群データを用い、DEM(デジタル標高モデル)を作成した。このDEMの差分を比較することで、洪水後の浸食による標高の変化を正確に評価することが可能となった。さらに、このデータを基に今後の浸食土の体積を算出できる見通しが得られた。

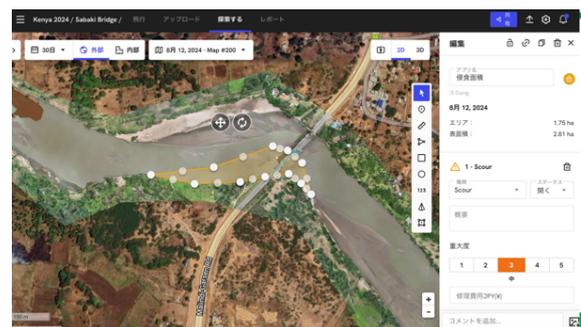


図-4 A橋のオルソによる流出面積の算出

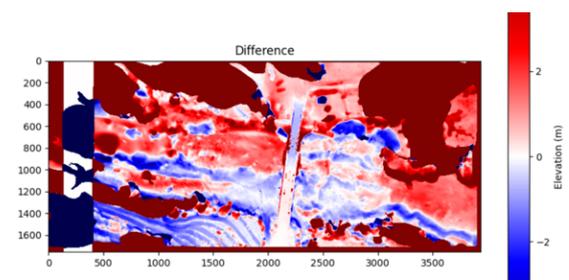


図-5 B橋のDEMの差分値

5. まとめ

本研究では、災害後の迅速かつ正確な被害評価を実現するために、UAV と SfM 技術を組み合わせた調査手法を提案した。この手法は、調査対象地域の構造物に関する高精度な3D点群データを生成し、仮想空間での評価を可能にした点で従来の手法と大きく異なる。